



1746  
SAH  
#3

35.C15293

PATENT APPLICATION

8.29.01

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

HIDEO KITAGAWA ET AL.

Application No.: 09/832,978

Filed: April 12, 2001

For: METHOD OF ETCHING  
ORGANIC FILM AND METHOD  
OF PRODUCING ELEMENT

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: 1746

Alamko

August 23, 2001

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

A certified copy of the priority document is enclosed.

2000-112357, filed April 13, 2000

RECEIVED  
AUG 28 2001  
TC 1700

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
Attorney for Applicants  
Registration No. P48,512

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

NY\_MAIN 194610 v 1

RECEIVED  
AUG 28 2001  
TC 1700

CF015293 US/sug



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 4月13日

出願番号

Application Number:

特願2000-112357

出願人

Applicant(s):

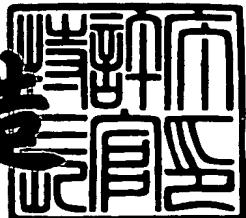
キヤノン株式会社

RECEIVED  
AUG 28 2001  
TC 1700

2001年 5月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3038547

【書類名】 特許願

【整理番号】 4147018

【提出日】 平成12年 4月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/306

【発明の名称】 有機膜のエッティング方法

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 北川 英夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 鈴木 伸昌

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100065385

【弁理士】

【氏名又は名称】 山下 穂平

【電話番号】 03-3431-1831

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010700

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特2000-112357

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703871

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 有機膜のエッティング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機低誘電率膜上に中間層及びパターニングされたフォトレスト層を形成し、中間層にフォトレジストのパターンを転写し、窒素と水素の何れかを含むガスのプラズマを用いて前記有機低誘電率膜をエッティングする工程において、該中間層の一部に金属又は金属の窒化物を用いることを特徴とするドライエッティング方法。

【請求項2】 前記金属が、アルミニウム、銅、チタン、コバルト又はタンゲステンである請求項1に記載のドライエッティング方法。

【請求項3】 前記金属の窒化物が、窒化チタン又は窒化タンタルである請求項1に記載のドライエッティング方法。

【請求項4】 前記窒素と水素の何れかを含むガスが、 $N_2$ 、 $H_2$ 、 $N_2$ と $H_2$ の混合ガス、 $NH_3$ 又は $N_2H_4$ である請求項1～3のいずれかに記載のドライエッティング方法。

【請求項5】 前記プラズマを発生させる手段が、表面波干渉型プラズマ源である請求項1～4のいずれかに記載のドライエッティング方法。

【請求項6】 前記有機低誘電率膜が、ポリアリールエーテル又はフッ素化ポリアリールエーテルである請求項1～5のいずれかに記載のドライエッティング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造において使用される有機低誘電率膜のドライエッティング技術に関し、詳しくはハードマスクを用いて有機低誘電率膜のエッティングを行った場合にも、該ハードマスクがエッティングされ、大きな加工変換差が発生するとのないドライエッティング方法に関する。

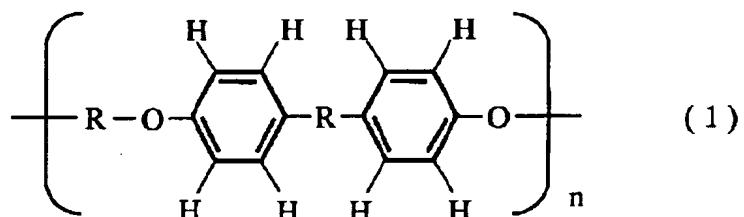
【0002】

【従来の技術】

従来の有機低誘電率膜のエッティング工程を、図3を用いて説明する。図において、301はレジストマスク、302はCVD法又は塗布法により形成されたSiO<sub>2</sub>膜、303は例えば比誘電率が3以下である有機ポリマーからなる有機低誘電率絶縁膜、304は金属配線、305は配線溝又はピアホール、306は側壁保護膜を示している。エッティング処理前のウエハの断面構造は図3(a)に示す通りであり、金属配線上に有機低誘電率膜、ハードマスクとして用いられるSiO<sub>2</sub>膜又はSOG等の積層膜が形成され、その上にフォトレジストによりマスクパターンが形成されている。ここで、有機低誘電率膜としては、例えばポリアリールエーテル(式(1))又はフッ素化ポリアリールエーテル(式(2))等が用いられている。上記構造のウエハに対し、まずフルオロカーボン系のガス(例えばC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/Ar)を用いてハードマスクのエッティングを行う(図3(b))。次に、O<sub>2</sub>系又はN<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>系のガスを用いて有機低誘電率膜のエッティングが行われる(図3(c))。最後に、残留したフォトレジストマスク及び側壁保護膜を除去するための、クリーニング処理が行われる(図3(d))。

【0003】

【化1】

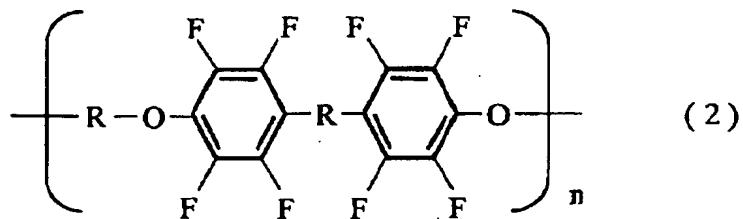


n: 正の整数

R: アルキル基

【0004】

## 【化2】



n: 正の整数

R: アルキル基

## 【0005】

以上の様に、有機低誘電率膜のエッティングにおいては、フォトレジストマスクと有機低誘電率膜が同じ有機物であり、エッティング形状を維持するのに十分な選択比を確保することが困難であることから、 $\text{SiO}_2$ 等の無機膜に一度フォトレジストパターンを転写し、該無機膜をマスクとして有機低誘電率膜をエッティングする。所謂ハードマスク法が一般的に使われている。

## 【0006】

有機低誘電率絶縁膜は、酸素を含むプラズマによりエッティングできることが知られている。例えば、特開平8-316209号公報に開示されているように、 $\text{O}_2$ や $\text{CO}_2$ ガスのプラズマを用いれば、ほとんどの有機低誘電率絶縁膜を高いエッティング速度で容易にエッティングすることが可能である。しかし、第59回応用物理学会学術講演会（1998年秋季）講演予稿集15p-C-10にも記載されている様に、有機物は酸素イオンのみならず酸素ラジカルとも反応して、等方的にエッティングが進むため、ホールや溝の断面形状が、いわゆるボーリング形状と呼ばれる樽型の形状となり易い。このような形状になると、引き続き行われる配線金属の成膜工程において、穴や溝内部への金属の埋め込み不良が発生し、配線抵抗の増大や、最悪の場合、配線の断線といった不良を引き起こす。

## 【0007】

更に、酸素プラズマによるエッティングのもう一つのデメリットとして、例えば Proceedings of Symposium on Dry Process 1998 p. 175に記載されている様な、膜質の劣化の問題がある

。即ちこれは、酸素プラズマにさらされた有機低誘電率絶縁膜が、酸素を吸着したり、或いは酸素と結合したOH基を含む変質層を形成してしまい、この酸素が、引き続き行われる配線金属形成工程、例えばタンクステンプラグのCVD工程中に脱離することにより、穴や溝内部の埋め込み不良が発生するという問題である。

#### 【0008】

上記問題点を解決するため、特許第2786198号公報では、NH<sub>3</sub>プラズマを用いる方法が開示されている。NH<sub>3</sub>プラズマを用いることにより、前記酸素吸着による有機膜の膜質劣化は完全に解消される。しかし、NH<sub>3</sub>プラズマの問題点として、従来ハードマスクとして用いられてきたSiO<sub>2</sub>系の膜に対する選択性が十分でないという点が挙げられる。

#### 【0009】

図4に、表面波干渉型プラズマ装置（以下SIPと記述）を用いた場合の、NH<sub>3</sub>プラズマにおける、有機低誘電率膜とSiO<sub>2</sub>膜のエッティング速度のVpp依存性を示す。ここで言うVppとは、基板に印加した高周波バイアスのピーク間電圧である。基板に2MHz以下の周波数の高周波バイアスを印加すると、プラス側の半周期で電子が加速され、マイナス側の半周期でイオンが加速される。即ち、Vpp/2は、プラズマ中のイオン又は電子が加速される電圧の最大値を示している。例えば、Vpp/2が600Vの場合には、イオンは最大600eVのエネルギーを持って基板に入射することを意味している。

#### 【0010】

図において、図4(a)は有機低誘電率膜のエッティング速度のVpp依存性、図4(b)はSiO<sub>2</sub>膜のエッティング速度のVpp依存性、図4(c)は選択性のVpp依存性を示している。

#### 【0011】

図4(a)に示す有機低誘電率膜のエッティング速度の最大値は、プラズマ密度に依存している。例えば、高密度プラズマであるヘリコン波プラズマ源を用いると、最大エッティング速度は約300nm/minであり、それ以上はいくら高周波電力を投入しても、エッティング速度は増加しない。ICP型プラズマ源を用い

ても、せいぜい $400\text{ nm/min}$ 程度である。しかし、SIPを用いれば、 $800\text{ nm/min}$ 以上という高いエッティング速度を実現することができる。これは、SIPが、他方式をはるかに上回るプラズマ密度を実現していることを示している。

#### 【0012】

ところが、図4より明らかなように、SIPを用いても、ハードマスクである $\text{SiO}_2$ との選択比を、形状維持に十分な値である100以上にしようとすると、 $V_{pp}/2$ を $400\text{ V}$ 以下に下げる必要があり、エッティング速度が約 $400\text{ nm/min}$ と実用には不十分なエッティング速度となってしまう。また、実用上十分なエッティング速度である $800\text{ nm/min}$ を達成しようとすると、ハードマスクである $\text{SiO}_2$ に対する選択比が約30まで低下し、図5に示すような、ハードマスクのファセッティングによる穴径の広がりが発生してしまう。

#### 【0013】

##### 【発明が解決しようとする課題】

以上の様に、酸素系のガスによるプラズマでは、有機低誘電率絶縁膜への酸素吸着による膜質の劣化を避けることができないため、引き続き行われるタングステンプラグの成膜プロセス中に酸素が脱離することが原因による成膜異常が発生してしまうという問題点があった。

#### 【0014】

また、 $\text{NH}_3$ 系のプラズマを用いた場合、高速でエッティングするとハードマスクである $\text{SiO}_2$ との選択比が低下してエッティング形状が崩れてしまい、 $\text{SiO}_2$ に対して高選択比でエッティングするとエッティング速度が実用上不十分な値になってしまふという問題点があった。

#### 【0015】

そこで、マスクに対する高い選択比と高速なエッティングとを両立するエッティング方法を開発する必要があった。

#### 【0016】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に従って、有機低誘電率膜上に中間層及びパターニングされたフォトレ

ジスト層を形成し、中間層にフォトレジストのパターンを転写し、窒素と水素の何れかを含むガスのプラズマを用いて前記有機低誘電率膜をエッティングする工程において、該中間層の一部に金属又は金属の窒化物を用いることを特徴とするドライエッティング方法が提供される。

## 【0017】

## 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

## 【0018】

図1 (a) に、SIPを用いたNH<sub>3</sub>ガスによるSiO<sub>2</sub>とAlのエッティング速度のVpp依存性を、図1 (b) にSIPを用いたNH<sub>3</sub>ガスによるSiO<sub>2</sub>とAlの有機低誘電率膜に対する選択比のVpp依存性を示す。図1 (a) より、Alのエッティング速度はSiO<sub>2</sub>のエッティング速度の1/5以下であり、Vpp/2が約600Vの条件でも、エッティング速度は約5nm/mi n程度と、Arによるスパッタリング速度に近い値になる。即ち、NH<sub>3</sub>プラズマによるAlのエッティングは、イオンによる完全なスパッタリング反応であるのに対し、SiO<sub>2</sub>のエッティングは、何らかの化学反応が関与している可能性が高いと言える。上記事実は、N<sub>2</sub>によるSiO<sub>2</sub>エッティング速度に若干の温度依存性があるという点でも裏付けられている。反応のメカニズムは未だ明らかになっていないが、N<sub>2</sub>及びNH<sub>3</sub>プラズマの何れにおいても、SiO<sub>2</sub>のエッティング速度が、Arによるスパッタリング速度より一桁以上大きいことから、N原子がエッティング反応に寄与している可能性が高いと考えられる。また、図1 (b) を見れば明らかな様に、Vpp/2が600Vの条件でSiO<sub>2</sub>マスクでは選択比が約30であるのに対し、Alマスクでは200近い選択比を実現している。これは、SiO<sub>2</sub>マスクでVpp/2が350Vの時とほぼ同等の選択比であり、形状維持には十分な選択比であると言える。

## 【0019】

以上の実験事実を元に考察すると、NH<sub>3</sub>ガスを用いた有機低誘電率膜のエッティングにおけるハードマスクの材質は、NH<sub>3</sub>プラズマに対して反応性のない材質であり、かつ既存の半導体製造プロセスとの適合性の高い材質がふさわしいと

考えられる。上記条件を満たす材質としては、Al、Cu、Ti、Co及びW等の配線用金属、及びTiNやTaN等のバリアメタル用金属窒化物が考えられる。一般的に金属の窒化物は、融点が2000°C以上の高融点化合物となり、例えば、AlN: 2700°C、TiN: 3200°Cと非常に高温まで安定である。そこで、仮にエッティング中の金属表面に窒化物が生成しても、金属表面に不動態膜として留まり、決して反応生成物として揮発することはない。また、TiNやTaN等の金属窒化物は、これ以上窒素との化学反応（窒化）を起こすことはない。即ち、上記材料のNH<sub>3</sub>プラズマによるエッティングは、物理的なスパッタリングのみによって起こると言うことができる。

#### 【0020】

以上、NH<sub>3</sub>プラズマを用いて本発明を説明してきたが、N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>系のガスであれば、いかなるガス系においても同様の効果を得ることができる。N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>系のガスとしては、NH<sub>3</sub>の他にN<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>の混合ガス、N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>等が考えられる。

#### 【0021】

上記金属膜を有機低誘電率膜エッティングのハードマスクとして使用した場合の、シングルダマシンプロセスのフローを図2に示す。図において、201はフォトレジストマスク、202はハードマスク用金属膜、203はCVD-SiO<sub>2</sub>膜、204は有機低誘電率膜、205はストッパーSiN膜、206は第1層金属配線、207は配線溝又はビアホール、208は第2層配線用金属膜である。

#### 【0022】

まず、第1層金属配線形状工程の終了後、ビアホールエッティングのストッパー用のSiN膜205、有機低誘電率膜204、CVD-SiO<sub>2</sub>膜203、ハードマスク用金属膜202を順に成膜し、その上にフォトレジストマスク201を形成する(図2(a))。SiN膜及びSiO<sub>2</sub>膜は、プラズマCVD法を用いて形成される。また、有機低誘電率膜は、回転塗布法により形成される。ハードマスク用金属膜は、後で除去する膜であり、膜の配向性や抵抗率等の特性には特にこだわらないので、成膜方法としてはスパッタ法、CVD法及び蒸着法等の何れの方法を用いても構わない。また、金属表面からの反射で微細なフォトレジス

トパターンの形成が困難な場合は、必要に応じて反射防止膜の成膜を行っても良い。

#### 【0023】

次に、フォトレジストをマスクとして、ハードマスク用金属膜202のエッチングを行う。エッティングガスは、例えば金属膜がAlの場合には $\text{Cl}_2/\text{BCl}_3$ の混合ガス、TiやTiNの場合には $\text{CF}_4$ や $\text{SF}_6$ 等のフッ素系ガスを用いれば容易にエッティングすることができる。

#### 【0024】

次に、フォトレジスト及び金属膜をマスクとして、 $\text{SiO}_2$ 膜203のエッティングを行う。エッティングガスは、例えば $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}$ の混合ガスを用いれば、容易にエッティングすることができる(図2(b))。

#### 【0025】

次に、 $\text{N}_2/\text{H}_2$ 系のガスを用い、高いバイアス電圧の条件で有機低誘電率膜204のエッティングを行う(図2(c))。この時、エッティング初期にはフォトレジスト201/金属ハードマスク202/ $\text{SiO}_2$ ハードマスク203の3層がマスクとなるが、 $\text{N}_2/\text{H}_2$ 系ガスではフォトレジスト201のエッティング速度は非常に速いため、エッティング途中で金属ハードマスク202が露出する。ここで、金属ハードマスク202がない場合は、露出した $\text{SiO}_2$ ハードマスク203がエッティングされ、図5に示すようなエッティング形状異常が発生する。しかし、金属ハードマスク202を用いることで、高いVppの条件においてもマスクのエッティング速度が非常に低くなるため、マスクのファセッティングによる形状異常は発生しない。有機低誘電率膜エッティング終了後、エッチストッパーのSiN膜205を、 $\text{CF}_4$ 系のプラズマを用いてエッティングする。必要に応じてウエハを洗浄した後、スパッタ法/CVD法/めっき法等を用いて第2層配線用金属膜208を成膜する(図2(d))。

#### 【0026】

最後に、CMP法を用いて、溝外の金属膜を研磨除去する。この際に、金属ハードマスクも同時に除去する(図2(e))。この時、 $\text{SiO}_2$ ハードマスクは、CMPのストッパー膜として作用する。

## 【0027】

以上、本発明のエッティング方法をシングルダマシンプロセスを用いて説明したが、同様の手順を繰返すことによって、デュアルダマシンプロセスにも適用することが可能である。

## 【0028】

本発明のエッティング方法は、有機低誘電率膜を高速でエッティングすることができる装置において、初めてその優位性が実現される。即ち、ヘリコン波或いはICPといったプラズマ源では、有機低誘電率膜のエッティング速度が高々 $400\text{ nm}/\text{min}$ であり、所謂“低速高選択比”的プロセスしか実現することができない。“低速高選択比”的条件では、 $\text{SiO}_2$ ハードマスクでも金属ハードマスクと同等のエッティング形状を実現できるが、エッティング速度が遅いという大きな欠点がある。一方、SIPを用いた場合、 $800\text{ nm}/\text{min}$ 以上という高速のエッティングを行うことが可能であるが、 $\text{SiO}_2$ ハードマスクがエッティングされ、図5に示す如き、穴径の広がりが発生してしまう。そこで、SIPの高速エッティング条件と、メタルハードマスクを併用することにより、初めて高速且つマスクに対する高選択比の両特性を同時に実現することが可能となる。

## 【0029】

本発明における有機低誘電率膜は、ポリアリールエーテル又はフッ素化ポリアリールエーテルであることが好ましいが、特にポリアリールエーテルであることが好ましい。

## 【0030】

## 【実施例】

以下に、実施例を挙げて本発明のプラズマ処理方法をより具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

## 【0031】

## (実施例1)

本発明の第1の実施例として、金属ハードマスクにA1を使用した例を示す。また、有機低誘電率膜は、ポリアリールエーテル（アライドシグナル社製商品名：FLARE<sup>TM</sup>）を使用した。まず、図2（a）に示した断面構造を持つ8イ

ンチウエハを準備した。各膜の膜厚は、ストッパー SiN膜100nm、有機低誘電率膜の膜厚600nm、SiO<sub>2</sub>膜200nm、Al膜100nm、フォトレジストマスクは670nmであった。また、フォトレジストマスクには、0.2 μmのホールパターンをウエハ全面にわたってパターニングした。このウエハを、不図示の表面波干渉型プラズマ源（以下SIPと記述）を搭載したエッチング装置に入れ、処理室内を $1 \times 10^{-3}$ Paまで真空排気した後、金属ハードマスクであるAl膜のエッチングを行った。エッチング条件は、以下の通りであった。

## 【0032】

ガス種・流量：Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>=60/40 sccm

圧力：3 Pa

マイクロ波電力：1.5 kW

RFバイアス：300 W

## 【0033】

上記条件で17秒間エッチングを行い、Al膜を全て除去した。エッチングの終点は、Alの発光（波長396nm）を用いて判定した。エッチング終点検出後、20%のオーバーエッチングを実施した。

## 【0034】

次に、ウエハを真空に保持したまま別の処理室に移動し、処理室内を $1 \times 10^{-3}$ Paまで真空排気した後、ハードマスクであるSiO<sub>2</sub>膜のエッチングを行った。エッチング条件は、以下の通りであった。

## 【0035】

ガス種・流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/Ar=15/185 sccm

圧力：15 Pa

マイクロ波電力：1.5 kW

RFバイアス電力：350 W

## 【0036】

上記条件で30秒間エッチングを行い、SiO<sub>2</sub>膜を全てエッチング除去した。エッチングの終点は、SiFの発光（波長640nm）を用いて判定した。

## 【0037】

$\text{SiO}_2$ エッチング終了後、ウエハを真空中に保持したまま別の処理室に移動し、処理室内を  $1 \times 10^{-3}$  Pa まで真空排気した後、有機低誘電率膜の膜のエッチングを行った。エッチング条件は、以下の通りであった。

## 【0038】

ガス種・流量:  $\text{NH}_3 = 200 \text{ sccm}$

圧力: 1 Pa

マイクロ波電力: 2.5 kW

LFバイアス周波数: 1.5 MHz

LFバイアス電力: 600 W

## 【0039】

上記条件で 60 秒間エッチングを行い、有機低誘電率膜の膜を全てエッチング除去した。エッチングの終点は、CN の発光（波長 388 nm）を用いて判定した。処理終了後、ウエハの断面を SEM を用いて観察したが、ハードマスクのファセッティングによるホール径の広がりは全く観察されなかった。

## 【0040】

## (実施例 2)

本発明の第 2 の実施例として、金属ハードマスクに TiN を使用した例を示す。また、有機低誘電率膜は、実施例 1 と同じくポリアリールエーテル（アライドシグナル社製 商品名: FLARE<sup>TM</sup>）を使用した。まず、図 2 (a) に示した断面構造を持つ 8 インチウエハを準備した。各膜の膜厚は、ストッパー SiN 膜 100 nm、有機低誘電率膜の膜厚 600 nm、 $\text{SiO}_2$  膜 200 nm、TiN 膜 120 nm、フォトレジストマスクは 670 nm であった。また、フォトレジストマスクには、0.2 μm のホールパターンをウエハ全面にわたってパターンニングした。このウエハを、不図示の SIP を搭載したエッチング装置に入れ、処理室内を  $1 \times 10^{-3}$  Pa まで真空排気した後、金属ハードマスクである TiN 膜のエッチングを行った。エッチング条件は、以下の通りであった。

## 【0041】

ガス種・流量:  $\text{Cl}_2 / \text{BCl}_3 = 30 / 70 \text{ sccm}$

圧力：3 Pa

マイクロ波電力：1. 5 KW

RFバイアス：450 W

【0042】

上記条件で30秒間エッティングを行い、TiN膜を全て除去した。

【0043】

次に、ウエハを真空に保持したまま別の処理室に移動し、処理室内を $1 \times 10^{-3}$ Paまで真空排気した後、ハードマスクであるSiO<sub>2</sub>膜のエッティングを行った。エッティング条件は、以下の通りであった。

【0044】

ガス種・流量： $C_4F_8 / Ar = 15 / 185 \text{ sccm}$

圧力：15 Pa

マイクロ波電力：1. 5 KW

RFバイアス電力：350 W

【0045】

上記条件で30秒間エッティングを行い、SiO<sub>2</sub>膜を全てエッティング除去した。エッティングの終点は、SiFの発光（波長640 nm）を用いて判定した。

【0046】

SiO<sub>2</sub>エッティング終了後、ウエハを真空の保持したまま別の処理室に移動し、処理室内を $1 \times 10^{-3}$ Paまで真空排気した後、有機低誘電率膜の膜のエッティングを行った。エッティング条件は、以下の通りであった。

【0047】

ガス種・流量： $NH_3 = 200 \text{ sccm}$

圧力：1 Pa

マイクロ波電力：2. 5 KW

LFバイアス周波数：1. 5 MHz

LFバイアス電力：600 W

【0048】

上記条件で60秒間エッティングを行い、有機低誘電率膜の膜を全てエッティング

除去した。エッティングの終点は、CNの発光（波長388nm）を用いて判定した。処理終了後、ウエハの断面をSEMを用いて観察したが、ハードマスクのファセットティングによるホール径の広がりは全く観察されなかった。

## 【0049】

## (実施例3)

本発明の第3の実施例として、金属ハードマスクにTiNを使用し、N<sub>2</sub>ガスを用いてエッティングした例を示す。また、有機低誘電率膜は、実施例1と同じくポリアリールエーテル（アライドシグナル社製商品名：FLARE<sup>TM</sup>）を使用した。まず、図2(a)に示した断面構造を持つ8インチウエハを準備した。各膜の膜厚は、ストッパーSiN膜100nm、有機低誘電率膜の膜厚600nm、SiO<sub>2</sub>膜200nm、TiN膜120nm、フォトレジストマスクは670nmであった。また、フォトレジストマスクには、0.2μmのホールパターンをウエハ全面にわたってパターンニングした。このウエハを、不図示のSIPを搭載したエッティング装置に入れ、処理室内を $1 \times 10^{-3}$ Paまで真空排気した後、金属ハードマスクであるTiN膜のエッティングを行った。エッティング条件は、以下の通りであった。

## 【0050】

ガス種・流量：Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>=30/70sccm

圧力：3Pa

マイクロ波電力：1.5kW

RFバイアス：450W

## 【0051】

上記条件で30秒間エッティングを行い、TiN膜を全て除去した。

## 【0052】

次に、ウエハを真空に保持したまま別の処理室に移動し、処理室内を $1 \times 10^{-3}$ Paまで真空排気した後、ハードマスクであるSiO<sub>2</sub>膜のエッティングを行った。エッティング条件は、以下の通りであった。

## 【0053】

ガス種・流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/Ar=15/185sccm

圧力：15Pa

マイクロ波電力：1.5KW

R Fバイアス電力：350W

#### 【0054】

上記条件で30秒間エッティングを行い、 $\text{SiO}_2$ 膜を全てエッティング除去した。エッティングの終点は、SiFの発光（波長640nm）を用いて判定した。

#### 【0055】

$\text{SiO}_2$ エッティング終了後、ウエハを真空の保持したまま別の処理室に移動し、処理室内を  $1 \times 10^{-3}$  Paまで真空排気した後、有機低誘電率膜の膜のエッティングを行った。エッティング条件は、以下の通りであった。

#### 【0056】

ガス種・流量： $\text{N}_2 = 200\text{ sccm}$

圧力：1Pa

マイクロ波電力：2.5KW

L Fバイアス周波数：1.5MHz

L Fバイアス電力：800W

#### 【0057】

上記条件で90秒間エッティングを行い、有機低誘電率膜の膜を全てエッティング除去した。エッティングの終点は、CNの発光（波長388nm）を用いて判定した。処理終了後、ウエハの断面をSEMを用いて観察した。エッティングの終点時間から判断すると、 $\text{N}_2$ プラズマのエッティング速度は $\text{NH}_3$ に比べて約30%低下していたが、ハードマスクのファセッティングによるホール径の広がりは全く観察されなかった。

#### 【0058】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ハードマスクに金属又は金属の窒化物を用いることにより、 $\text{N}_2/\text{H}_2$ 系ガスのプラズマの有機低誘電率膜のエッティングを行っても、ハードマスクのファセッティングによるホール径の広がり等の形状異常が発生しないドライエッティング方法を提供することが可能となった。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の金属ハードマスク（A1）と従来例のSiO<sub>2</sub>ハードマスクの、エッチング速度及び対有機低誘電率膜選択比のV<sub>p-p</sub>依存性を比較した図である。

(a) 金属ハードマスク（A1）とSiO<sub>2</sub>ハードマスクのエッチング速度のV<sub>p-p</sub>依存性の比較図。

(b) 金属ハードマスク（A1）とSiO<sub>2</sub>ハードマスクの対有機低誘電率膜選択比のV<sub>p-p</sub>依存性の比較図。

## 【図2】

本発明を金属配線形成工程に適用した際のプロセスフローを示した図である。

## 【図3】

従来例の有機低誘電率膜エッチングのプロセスフローを示した図である。

## 【図4】

従来例であるSiO<sub>2</sub>ハードマスクと有機低誘電率膜のエッチング特性を示した図である。

(a) 有機低誘電率膜のエッチング速度のV<sub>p-p</sub>依存性。

(b) SiO<sub>2</sub>のエッチング速度のV<sub>p-p</sub>依存性。

(c) SiO<sub>2</sub>の対有機低誘電率膜選択比のV<sub>p-p</sub>依存性。

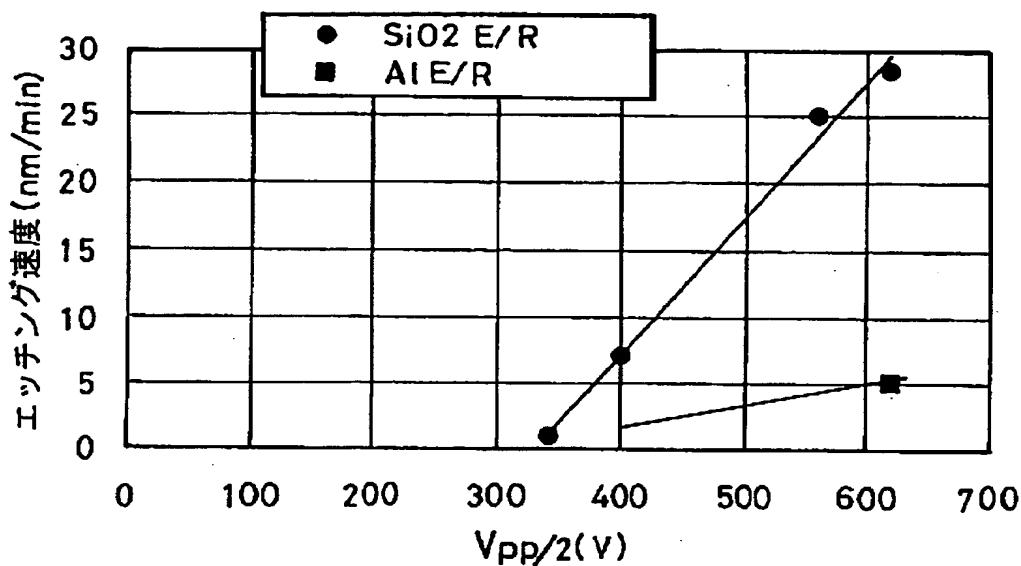
## 【図5】

従来例であるSiO<sub>2</sub>ハードマスクを用いた場合の、ビアホールのエッチング形状を模式的に示した図である。

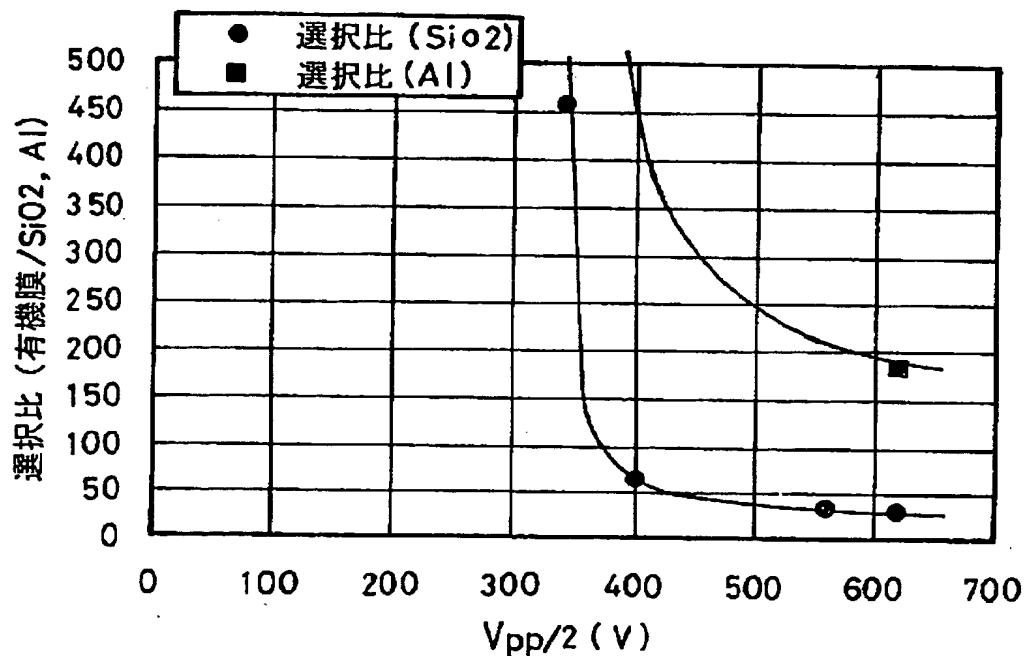
【書類名】 図面

【図1】

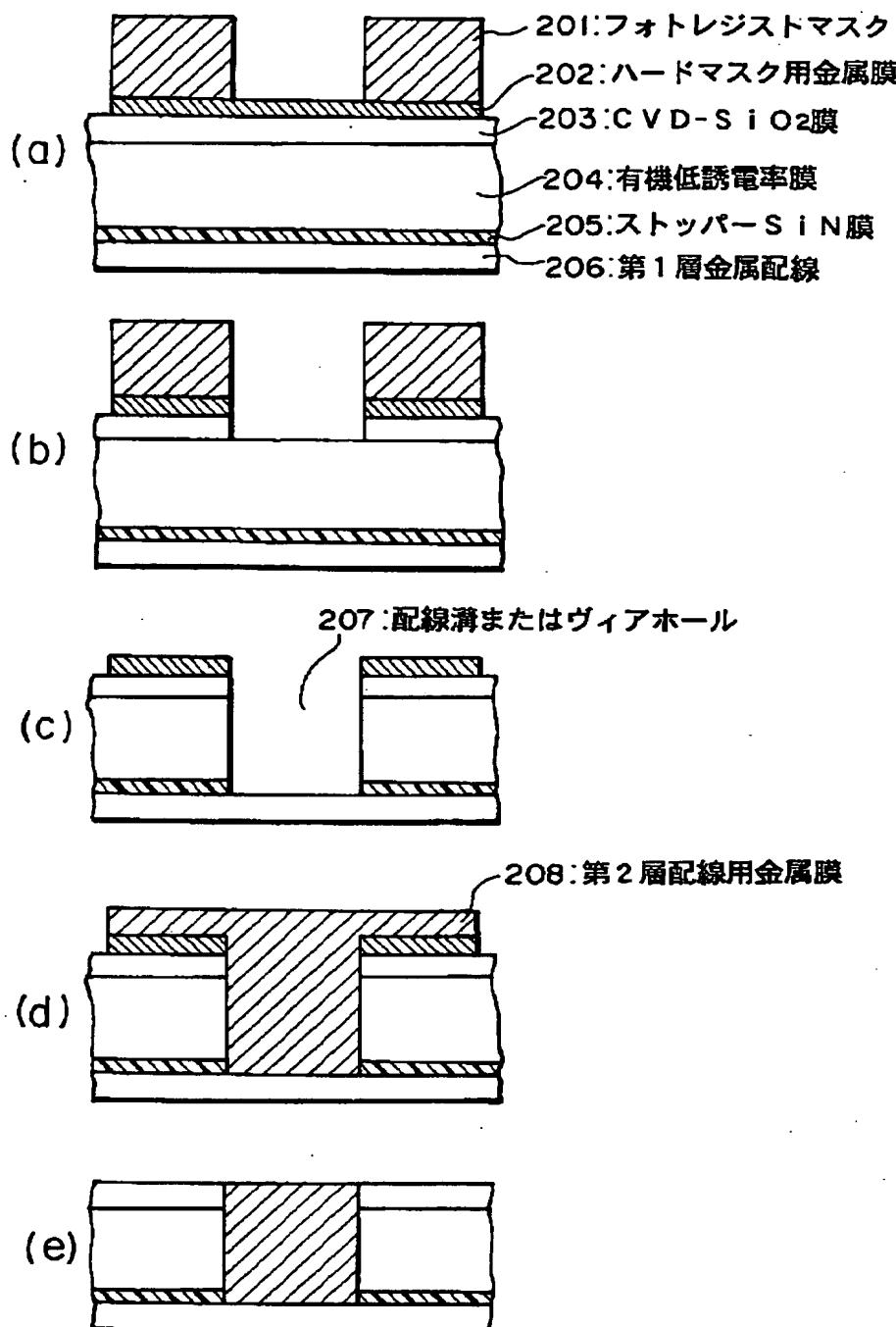
(a)



(b)

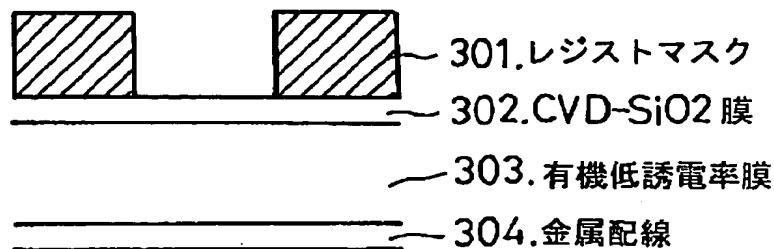


【図2】

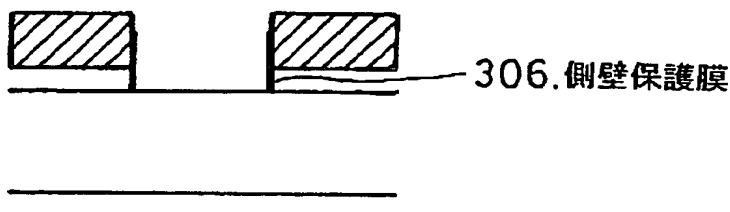


【図3】

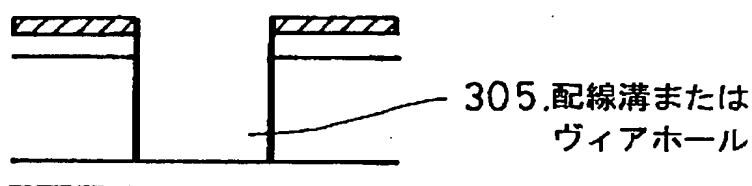
(a)



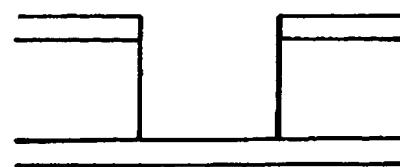
(b)



(c)

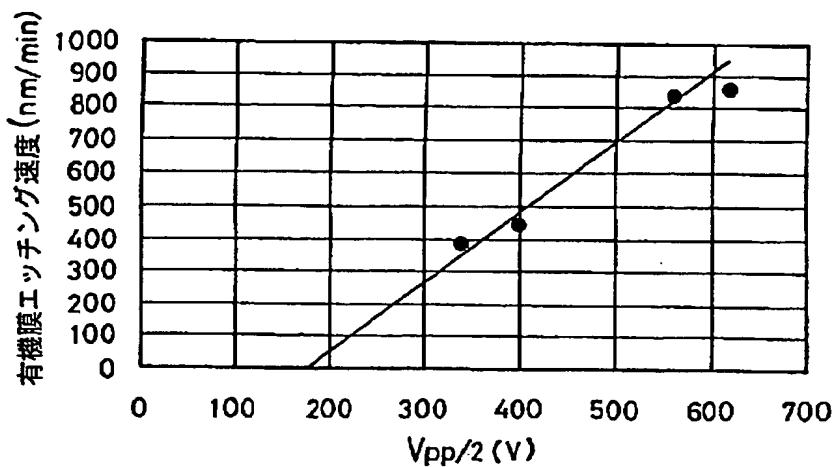


(d)

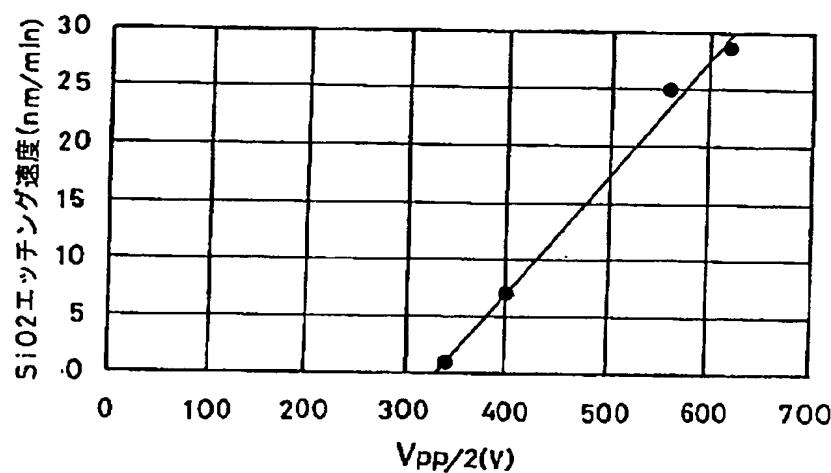


【図4】

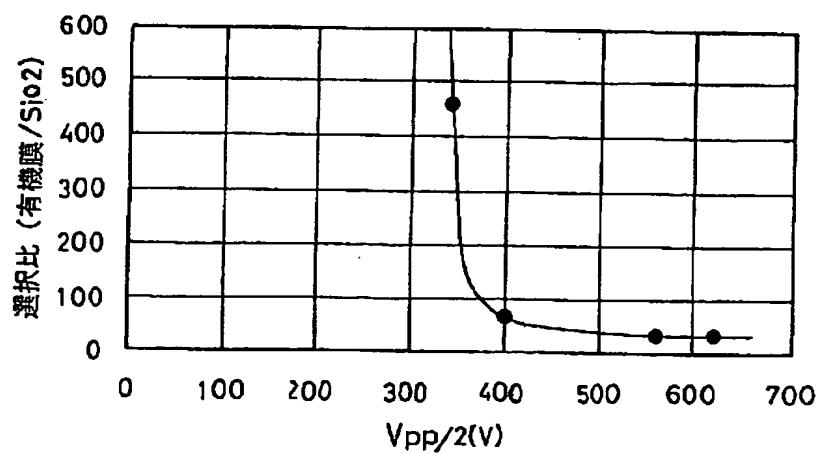
(a)



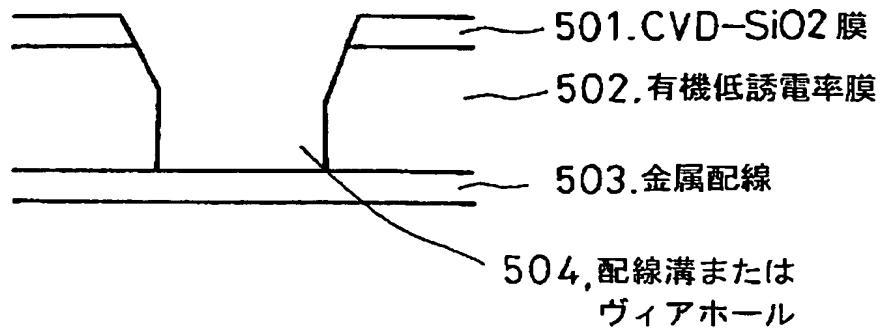
(b)



(c)



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】  $\text{NH}_3$ 系のプラズマを用いた場合、高速でエッティングするとハードマスクである  $\text{SiO}_2$ との選択比が低下してエッティング形状が崩れてしまい、 $\text{SiO}_2$ に対して高選択比でエッティングするとエッティング速度が実用上不十分な値にならないような、マスクに対する高い選択比と高速なエッティングとを両立するドライエッティング方法を提供することにある。

【解決手段】 有機低誘電率膜上に中間層及びパターニングされたフォトレジスト層を形成し、中間層にフォトレジストのパターンを転写し、窒素と水素の何れかを含むガスのプラズマを用いて前記有機低誘電率膜をエッティングする工程において、該中間層の一部に金属又は金属の窒化物を用いることを特徴とするドライエッティング方法。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
氏 名 キヤノン株式会社